

# 高速プリント回路板における通信波形の実測と SPICE モデルの評価

○佐野 宏靖\*<sup>1)</sup>、佐藤 研\*<sup>1)</sup>

## 1. はじめに

数百 MHz 以上の高周波通信における伝送線路シミュレーションでは、有損失線路を考慮する必要がある。しかし、抵抗損失や誘電損失を考慮する有損失線路モデルをサポートする回路シミュレータは高価であり、精度の良いモデルを作成するには、ノウハウが必要である。

そこで本研究では、入手が容易で汎用性の高い各種の SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis) 互換シミュレータに対応可能な精度の良い有損失線路モデルを作成した。

## 2. 実験方法

実験に用いたプリント回路板を図 1 に示す。また、シミュレータは無償である LTspice (Linear Technology 製) を使用した。回路は、SMA コネクタ経由



図 1. 実験プリント回路板

で 120mm の 50Ω マイクロストリップ線路に接続し、中央に 1005 サイズのチップコンデンサ 3pF を実装している。SPICE モデルへの変換は、TDR (Tektronix 製) 実測値から、IConnect (TDA Systems 製) を用いて、SMA コネクタを Z-Line に、マイクロストリップ線路を RLC の分布定数へと変換した。その後、ベクトルネットワークアナライザ (Agilent Technology 製) を用いてプリント配線板を実測し、S11 および S21 の振幅と位相を比較しながら SPICE モデルを調整した。最後に、オシロスコープおよびパルスジェネレータ (Agilent Technology 製) を使用し、アイパターンにより実測値と比較した。

## 3. 結果・考察

周波数軸測定結果を図 2 に示す。S21 のシミュレーション結果と実測値を比較すると、0.1GHz ~ 10GHz において、振幅で最大 1.2dB の誤差、位相で最大 14° の誤差となった。振幅の最悪値の誤差を電圧レベルに換算すると約 7% なので十分な精度のモデルであると考えられる。時間軸測定結果を図 3 に示す。波形の特徴をとらえているが、実測波形にのみ若干のリングングがある。これは、差動アクティブプローブ先端のはんだ付けによる反射の影響と考える。

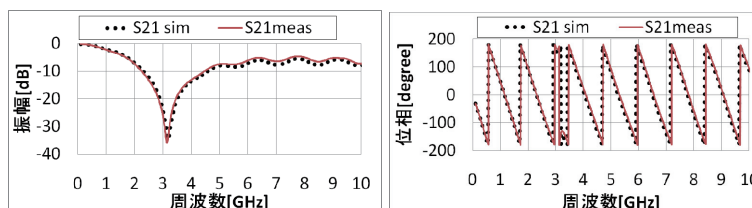


図 2. 波数特性の実測と計算 (左: 振幅、右: 位相)

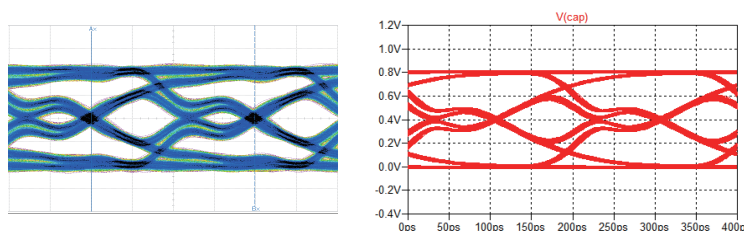


図 3. 5Gbps のアイパターンの実測と計算 (コンデンサを観測 左: 実測、右: 計算)

## 4. まとめ

本研究により、汎用シミュレータに対応した精度の高い有損失線路モデルを作成できた。今後は、ビアや差動配線などを SPICE モデルに変換し、バリエーションを増やすことが課題である。

\*1)電子・機械グループ